



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003110140 A**(43) Date of publication of application: **11.04.03**

(51) Int. Cl.

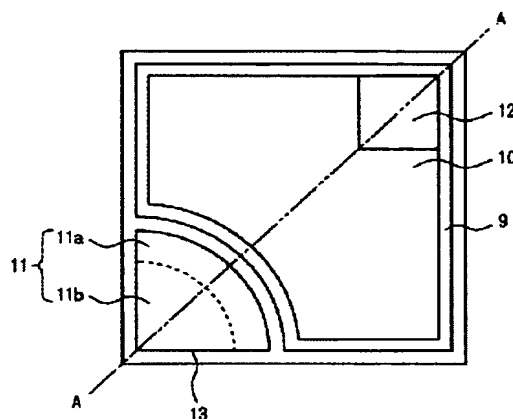
**H01L 33/00**(21) Application number: **2001301832**(71) Applicant: **NICHIA CHEM IND LTD**(22) Date of filing: **28.09.01**(72) Inventor: **SONOBE SHINYA**(54) **NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT**

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a nitride semiconductor light emitting element which further improves light pickup efficiency in the light emitting element by constituting an n-type electrode of a specific constitution and which has a long lifetime.

**SOLUTION:** The nitride semiconductor light emitting element is a nitride semiconductor light emitting element having the n-type electrode at the predetermined position of the n-type nitride semiconductor layer. Particularly, the n-type electrode has an electrically connected first region and second region in such a manner that the backmost surface of the first region is disposed on substantially the same surface as the backmost surface of the second region as seen from the n-type electrode forming surface side. Further, the second region of the n-type electrode has higher reflectivity than that of the first region of the n-type electrode to the light from the nitride semiconductor light emitting element.



BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-110140  
(P2003-110140A)

(43) 公開日 平成15年4月11日 (2003.4.11)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

テーマコード(参考)

C 5 F 0 4 1  
E

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-301832(P2001-301832)

(22) 出願日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 園部 真也

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

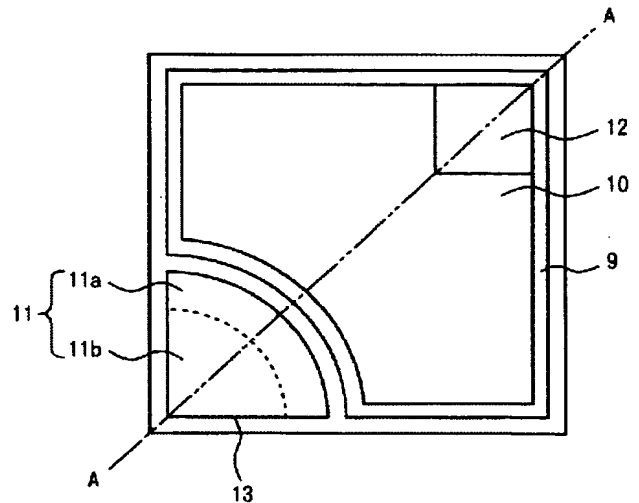
Fターム(参考) 5F041 AA03 AA05 AA43 CA05 CA13  
CA40 CA65 CA74 CA82 CA91

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、特にn電極を特定の構成とすることにより、窒化物半導体発光素子における光の取り出し効率をさらに向上させ、寿命の長い窒化物半導体発光素子を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明の窒化物半導体発光素子は、n型窒化物半導体層の所定の位置にn電極を備える窒化物半導体発光素子である。特に、n電極は電気的に接続された第1の領域と第2の領域とから構成されており、n電極形成面側から見て、第1の領域の最背面は第2の領域の最背面と略同じ面に位置している。さらに、n電極の第2の領域は窒化物半導体発光素子からの光に対して、n電極の第1の領域よりも高い反射率を備えることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型窒化物半導体層の所定の位置にn電極を備える窒化物半導体発光素子において、

前記n電極は、電気的に接続された第1の領域と第2の領域とから構成されており、

n電極形成面側から見て、前記第1の領域の最背面は前記第2の領域の最背面と略同じ面に位置し、かつ前記n電極の第2の領域は、前記窒化物半導体発光素子からの光に対して、前記n電極の第1の領域よりも高い反射率を有することを特徴とする窒化物半導体発光素子。

【請求項2】 前記n電極の第1の領域は、前記n型窒化物半導体層とオーミック接触していることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項3】 n電極形成面側から見た前記n電極の第1の領域の最背面は、n電極形成面側から見た前記n電極の最背面における周縁部の少なくとも一部に配置されていることを特徴とする請求項1または2に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項4】 前記窒化物半導体発光素子は、前記n型窒化物半導体層の所定の位置に配置されるn電極と同一面側であると共に、前記n型窒化物半導体層の該所定の位置と異なる別の位置に、少なくとも活性層とp型窒化物半導体層とが順に積層された構成を備え、さらにn電極形成面側から見た前記第1の領域の最背面は、n電極形成面側から見て、前記p型窒化物半導体層の周縁部と対向して配置されることを特徴とする請求項3に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項5】 n電極形成面側から見た前記第1の領域の最背面は、n電極形成面側から見て、前記p型窒化物半導体層の周縁部と略一定の距離をおいて配置されており、さらにn電極形成面側から見た前記第1の領域の最背面は略一定の幅であることを特徴とする請求項4に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項6】 半導体積層方向断面において、第1の領域および第2の領域から構成される前記n電極の最上面は、前記活性層の最下面よりも低い位置に配置されていることを特徴とする請求項4または5に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項7】 前記n電極を構成する第1の領域は、Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W、Re、Mn、Al、Zn、Pt、Au、Ru、Pd、Rhのうち少なくとも1つを含む層構造または合金であり、かつ前記n電極を構成する第2の領域は、Al、Ag、Pt、Os、Ir、Rh、Pd、Ruのうち少なくとも1つを含む層構造または合金であることを特徴とする請求項1から6のいずれかに記載の窒化物半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、窒化物半導体（I

$n \times \text{Al}_x \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ ,  $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ ) を層構造に含む発光素子、すなわち窒化物半導体発光素子に係わり、特に発光効率を飛躍的に向上させた窒化物半導体発光素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 窒化物半導体を層構造に含む窒化物半導体発光素子は高輝度純緑色発光LED、青色発光LEDとして、フルカラーLEDディスプレイ、交通信号灯、バックライトなど、様々な分野で広く利用されている。

【0003】 これらのLEDは、一般に、サファイアなどの基板上にn型窒化物半導体層、活性層、p型窒化物半導体層が順に積層された構造となっている。さらに、p型窒化物半導体層上にはp電極が配置され、n型窒化物半導体層上にはn電極が配置されている。たとえば、p電極とn電極とを同一面側に設ける場合は、p型窒化物半導体層上にp電極が配置されると共に、p型窒化物半導体層、活性層、およびn型窒化物半導体層の一部がエッチングなどにより除去され、露出したn型窒化物半導体層上にn電極が配置された構成となる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、省エネなどに応じて、発光出力の低下を伴わずに消費電力の低減を可能とするLEDが望まれている現在において、上記の構成では十分とは言えず、さらなる改良が求められている。

【0005】 すなわち、上記した従来のLEDは、活性層にて発光した光が各種半導体層または基板を介してLEDの上面および側面から出射される。より詳細には、活性層から出射された光の一部は、あらゆる界面、すなわち基板と半導体層との界面、半導体層と半導体層の界面、あるいは半導体層と電極との界面で反射してしまう。そして、このような工程を複数回繰り返しても各々の部材に吸収されずに残った光が、LEDの上面および側面から出射される。ここで、主に側面から出射される光の一部はp電極またはn電極に反射してLED外部に取り出されると考えられるが、光の一部がp電極またはn電極に吸収されてしまうという問題があった。これにより、活性層からの光の一部が無駄になり、LED外部に光を効率よく取り出すことができなかった。また、これに伴い、LEDを長寿命化することが困難となってしまうという問題もあった。

【0006】 本発明はこのような問題を解決するために成されたものであり、特にn電極を特定の構成とすることにより、窒化物半導体発光素子における光の取り出し効率をさらに向上させ、寿命の長い窒化物半導体発光素子を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明の窒化物半導体発光素子は、n型窒化物半導体層の所定の位置にn電極を備える窒化物半導体発光素子である。特に、n電極は電

氣的に接続された第1の領域と第2の領域とから構成されており、n電極形成面側から見て、第1の領域の最背面は第2の領域の最背面と略同じ面に位置している。さらに、n電極の第2の領域は窒化物半導体発光素子からの光に対して、n電極の第1の領域よりも高い反射率を備えることを特徴とする。これにより、光の取り出し効率を大幅に向上させることができる。

【0008】さらに、n電極の第1の領域は前記n型窒化物半導体層とオーミック接触していることをが好ましい。これにより、n電極における第1の領域および第2

10 の領域の構成部材を広範囲に選択することができる。  
【0009】また、n電極形成面側から見たn電極の第1の領域の最背面は、n電極形成面側から見たn電極の最背面における周縁部の少なくとも一部に配置されることが好ましい。これにより、窒化物半導体発光素子を効率よく発光させることができる。

【0010】さらに、本発明の窒化物半導体発光素子は、n型窒化物半導体層の所定の位置に配置されるn電極と同一面側であると共に、n型窒化物半導体層の該所定の位置と異なる別の位置に、少なくとも活性層とp型

20 窒化物半導体層とが順に積層された構成において、n電極形成面側から見た第1の領域の最背面が、n電極形成面側から見て、p型窒化物半導体層の周縁部と対向して配置されることが好ましい。これにより、窒化物半導体発光素子をさらに効率よく発光させることができる。  
【0011】また、n電極形成面側から見た第1の領域の最背面は、n電極形成面側から見て、p型窒化物半導体層の周縁部と略一定の距離をおいて配置されており、さらに、n電極形成面側から見た第1の領域の最背面は略一定の幅であることが好ましい。これにより、窒化物

30 半導体発光素子をさらに効率よく発光させることができる。  
【0012】また、半導体積層方向断面において、第1の領域および第2の領域から構成されるn電極の最上面は、活性層の最下面よりも低い位置に配置されていることが好ましい。これにより、窒化物半導体発光素子の端面すなわち側面から出射された光がn電極に吸収されるのを大幅に軽減することができる。

【0013】さらに、n電極を構成する第1の領域は、Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W、

40 Re、Mn、Al、Zn、Pt、Au、Ru、Pd、Rhのうち少なくとも1つを含む層構造または合金であり、n電極を構成する第2の領域は、Al、Ag、Pt、Os、Ir、Rh、Pd、Ruのうち少なくとも1つを含む層構造または合金であることが好ましい。これにより、各電極を比較的容易に形成することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】本実施の形態では、窒化物半導体発光素子としてLED(Light Emitting Diode)を用いた例について説明する。本発明に係

るLEDを構成する各半導体層としては種々の窒化物半導体を用いることができる。具体的には、有機金属気相成長法(MOCVD)、ハイドライド気相成長法(HVPE)などにより基板上に $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ( $0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$ )の半導体を発光層として形成させたものが好適に用いられる。また、その層構造としては、MIS接合、PIN接合やPN接合を有したホモ構造、ヘテロ構造あるいはダブルヘテロ構成のものが挙げられる。また、各層を超格子構造としたり、活性層を量子効果が生ずる薄膜に形成させた単一量子井戸構造や多重量子井戸構造とすることもできる。

【0015】またLEDは、一般的には、特定の基板上に各半導体層を成長させて形成されるが、その際、基板に絶縁性基板を用いその絶縁性基板を最終的に取り除かない場合、通常、p電極およびn電極はいずれも半導体層上の同一面側に形成されることになる。この場合、フェイスアップ実装すなわち半導体層側を視認側に配置し発光された光を半導体層側から取り出すことも可能であるし、フェイスダウン実装すなわち基板側を視認側に配置し発光された光を基板側から取り出すことも可能である。もちろん、初めから絶縁性基板を用いず、あるいは最終的に絶縁性基板を取り除くことにより、p電極とn電極が半導体層構造を介して対向するように配置された構成とすることもできる。

【0016】ここで、本発明に係わるLEDは、n型窒化物半導体層の所定の位置にn電極を備えるLEDである。特に、n電極は電氣的に接続された第1の領域と第2の領域とから構成されており、n電極形成面側から見て、第1の領域の最背面は第2の領域の最背面と略同じ面に位置している。さらに、n電極の第2の領域はLEDからの光に対して、n電極の第1の領域よりも高い反射率を備えることを特徴とする。これにより、n電極における光の吸収を大幅に軽減することができるので、結果的に光の取り出し効率を向上させることができる。なお、ここでいう高い反射率とは、LEDからの光の全波長において反射率が高いことをいう。もちろん、LEDからの光の所定の波長においてのみ反射率を高くすることも可能であるが、LEDからの光の全波長において反射率を高くすることにより、より優れた効果を得ることができる。

【0017】なお、n電極を構成する第1の領域および第2の領域は、n型窒化物半導体層に直接接した、換言すればn型窒化物半導体層に直接配置された構成とすることが好ましいが、n電極とn型窒化物半導体層との間に、LEDからの光を完全に遮ることのない部材を介して配置することもできる。

【0018】また、ここではn電極の第1の領域がn型窒化物半導体層とオーミック接触している構成とすることが好ましい。さらに、n電極形成面側から見たn電極の第1の領域の最背面は、n電極形成面側から見たn電

極の最背面における周縁部の少なくとも一部に配置されている構成とすることが好ましい。このように構成することにより、本発明のLEDに最終的に電流を供給する際に、電流が流れる経路を広範囲に取ることができるので、より均一な発光を得ることができる。

【0019】さらに、本発明のLEDは、n型窒化物半導体層の所定の位置に配置されるn電極と同一面側であると共に、n型窒化物半導体層の該所定の位置と異なる別の位置に、少なくとも活性層とp型窒化物半導体層とが順に積層された構成を備える場合、n電極形成面側から見た第1の領域の最背面が、n電極形成面側から見て、p型窒化物半導体層の周縁部と対向して配置されることが好ましい。すなわち、n電極形成面側から見て、n電極の第1の領域が第2の領域を介さずにp型窒化物半導体層の周縁部に隣接して配置させることが好ましい。このように構成することにより、本発明のLEDに最終的に電流を供給する際に、電流が流れる経路を短くすることができるので、より優れた発光効率を得ることができる。

【0020】また、n電極形成面側から見た第1の領域の最背面は、n電極形成面側から見て、p型窒化物半導体層の周縁部と略一定の距離をおいて配置されており、さらに、n電極形成面側から見た第1の領域の最背面は略一定の幅であることが好ましい。このように構成することにより、本発明のLEDをより効率よく均一に発光させることができる。

【0021】また、半導体積層方向断面において、第1の領域および第2の領域から構成されるn電極の最上面は、活性層の最下面よりも低い位置に配置されていることが好ましい。このように構成することにより、LEDの端面から出射された光がn電極に吸収されるのを大幅に軽減することができる。なお、ここではパッド部を備えないn電極領域について記載したが、もちろん、パッド部の最上面を活性層の最下面よりも低く設定することにより、より優れた光の取り出し効率を得ることができる。

【0022】また、n電極を構成する第1の領域は、Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta、W、Re、Mn、Al、Zn、Pt、Au、Ru、Pd、Rhのうち少なくとも1つを含む層構造または合金であり、n電極を構成する第2の領域は、Al、Ag、Pt、Os、Ir、Rh、Pd、Ruのうち少なくとも1つを含む層構造または合金とする。さらに、第1の領域を形成した後にアニーリングを行うことにより、よりよいオーミック特性を得ることができる。また、第2の領域の膜厚は400Å以上であることが好ましい。これにより、第2の領域が薄すぎることにより生じる光の透過を略完全に防止でき、第2の領域の持つ反射率をそのままに再現することができる。

【0023】なお、n電極の形状は特に限定されず、そ

の形状はたとえば、n電極形成面側から見て、円形、四角形、扇形など種々選択することができる。さらに、より優れた発光効率を得るために、n電極を構成する第1の領域および第2の領域のうち少なくとも第1の領域を所定方向に突起させた形状とすることもできる。また、n電極は、少なくともn電極形成面すなわちn電極とn型窒化物半導体層の接触面において第1の領域と第2の領域とに分割されていればよく、たとえば第1の領域の半導体積層方向側に第2の領域が配置されてもよい。

【0024】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施の形態は、本発明の技術思想を具体化するためのLEDを例示するものであって、本発明はLEDを以下のものに特定するものではない。さらに、各図面が示す部材の大きさや位置関係などは、説明を明確にするため誇張していることがある。

【0025】図1、2に、本実施の形態のLEDの概略図を示す。ここでは、図に示すように同一面側にp電極およびn電極を配置したLEDについて説明する。図1は、本実施の形態のLEDをn電極形成面側から見た概略図である。また、図2は、本実施の形態のLEDの層構成を示す模式的断面図であり、図1のA-A部における断面すなわち半導体積層方向断面を表す。以下、本実施の形態のLEDの各構成について詳細に説明する。

(基板1) まず、サファイア(C面)よりなる基板1をMOCVDの反応容器内にセットし、容器内を水素で十分に置換した後、水素を流しながら基板の温度を1050℃まで上昇させ、基板のクリーニングを行う。基板1はサファイアC面の他、R面、A面を主面とするサファイア基板、スピネル(MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)のような絶縁性の基板、SiC(6H、4H、3Cを含む)、Si、ZnO、GaAs、GaNなどの半導体基板を用いることができる。

(バッファ層2) 続いて温度を510℃まで下げ、キャリアガスに水素、原料ガスにアンモニアとTMG(トリメチルガリウム)とを用い、基板上にGaNよりなるバッファ層2を約100Åの膜厚で成長させる。なお、このバッファ層2は基板の種類、成長方法によっては省略できる。また、このバッファ層2はAlの割合の小さいAlGaNを用いることもできる。

(アンドープGaN層3) 次に、バッファ層2成長後、TMGのみを止めて、温度を1050℃まで上昇させ、同じく原料ガスにTMG、アンモニアガスを用い、アンドープGaN層3を1.5μmの膜厚で成長させる。

(n型コンタクト層4) 続いて1050℃で、同じく原料ガスにTMG、アンモニアガス、不純物ガスにシランガスを用い、Siを4.5×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>ドープしたGaNよりなるn型コンタクト層4を2.165μmの膜厚で成長させる。

(n型第1多層膜層5) 次に、シランガスのみを止め、

1050℃でTMG、アンモニアガスを用い、アンドープGaNよりなる下層を3000Åの膜厚で成長させ、続いて同温度にてシランガスを追加しSiを $4.5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたGaNよりなる中間層を300Åの膜厚で成長させ、更に続いてシランガスのみを止め、同温度にてアンドープGaNからなる上層を50Åの膜厚で成長させ、3層からなる層膜厚3350Åのn型第1多層膜層5を成長させる。

(n型第2多層膜層6) 次に、同様の温度で、アンドープGaNよりなる窒化物半導体層を40Åの膜厚で成長させ、次に温度を800℃にしてTMG、TMI、アンモニアを用い、アンドープIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなる窒化物半導体層を20Åの膜厚で成長させる。これらの操作を繰り返し行い交互に10層ずつ積層し、さらにアンドープGaNよりなる窒化物半導体層を40Åの膜厚で成長させた超格子構造の多層膜よりなるn型第2多層膜層6を640Åの膜厚で成長させる。

(活性層7) 次にTMG、アンモニアを用いアンドープのGaNよりなる障壁層を250Åの膜厚で成長させる。続いて同温度にてTMIを追加し、In<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nよりなる井戸層を30Åの膜厚で成長させる。これらの操作を繰り返し行い交互に6層ずつ積層し、さらにアンドープGaNよりなる障壁を250Åの膜厚で成長させ、多重量子井戸構造の活性層7を1930Åの膜厚で成長させる。

(p型多層膜層8) 次に、温度1050℃で、TMG、TMA、アンモニア、Cp<sub>2</sub>Mg (シクロペンタンジエニルマグネシウム)を用い、Mgを $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ドープしたAl<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nよりなる窒化物半導体層を40Åの膜厚で成長させ、続いて温度を800℃にして、TMG、TMI、アンモニア、Cp<sub>2</sub>Mgを用いMgを $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ドープしたIn<sub>0.03</sub>Ga<sub>0.97</sub>Nよりなる窒化物半導体層を25Åの膜厚で成長させる。これらの操作を繰り返し行い、Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N層とIn<sub>0.03</sub>Ga<sub>0.97</sub>N層を交互に5層ずつ積層し、さらにMgを $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ドープしたAl<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nよりなる窒化物半導体層を40Åの膜厚で成長させた超格子構造のp型多層膜層8を365Åの膜厚で成長させる。

(p型コンタクト層9) 続いて1050℃で、TMG、アンモニア、Cp<sub>2</sub>Mgを用い、Mgを $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ドープしたGaNからなるp型コンタクト層9を1200Åの膜厚で成長させる。反応終了後、温度を室温まで下げ、さらに窒素雰囲気中、ウェーハを反応容器内において700℃でアニーリングを行い、p型層を更に低抵抗化する。

【0026】アニーリング後、ウェーハを反応容器から取り出し、所定の領域をRIE (反応性イオンエッチング) 装置でp側コンタクト層側からエッチングを行い、

図2に示すようにn型コンタクト層4の表面を露出させる。露出後、n型コンタクト層4の表面を300℃以上で熱処理する。

【0027】続いて、スパッタリング装置、蒸着装置などを用いて、p型コンタクト層9の略全域に膜厚20nmのNiおよびAuを順に形成し、透光性のp電極10を形成する。次に、予め露出させたn型コンタクト層4面の一部に、スパッタリング装置、蒸着装置などを用いて、たとえば膜厚100ÅのRhと膜厚500ÅのAlとを順に積層させ、Rh/Alより構成される第1の領域11aを形成する。さらに、Rh/Alからなる第1の領域11aを500℃でアニーリングする。これにより、n型コンタクト層4とのかより優れたオーミック特性を得ることができる。引き続き、第1の領域11aと接続した所定の部位に、Alの単層を500Åの膜厚で積層し、第2の領域11bを形成する。このように本実施の形態においては、n電極11は、Rh/Alより構成される第1の領域11aとAlより構成される第2の領域11bから構成されている。

【0028】なお、ここでは、n電極の第1の領域11aとしてRh/Alを示したが、本発明はこれに限定されず、たとえば、Ti/Al、W/Alなど、上記した種々の部材を用いることができる。

【0029】さらに、p電極10およびn電極11の上に、Wをバリア層として介して、Auからなるパッド部12、13を形成する。なお、バリア層とはバリア層の上下に位置する部材が合金化するのを防ぐための層であり、ここではWの膜厚を2000Å、Auの膜厚を3000Åとしている。また、バリア層を構成する部材は特に限定されず、Wの他に、Ti、Ni、TiN、Mo、RhOなどを用いてもよい。

【0030】引き続き、窒化物半導体露出面の全面に保護膜、帯電防止膜として、SiO<sub>2</sub>を200nmの膜厚で形成する。このとき、窒化物半導体露出面の全面にまずNiを100Å程度形成しておく、SiO<sub>2</sub>の密着性が向上する。最後にSiO<sub>2</sub>およびNiの一部をエッチングして、pパッド部12およびnパッド部13を形成すべき部位を露出させ、各露出部位にpパッド部12およびnパッド部13を形成してLEDを作製する。ここでは図1に示すように、n電極形成面側から見て、pパッド部12とnパッド部13がLEDの対角線上に配置されるように構成される。なお、pパッド部12およびnパッド部13は、最終的に金線などから構成されるワイヤーを取り付けるためのものであり、各ワイヤーを介してLEDに電流を供給する、あるいは電流を取り出すことができる。

【0031】なお、本実施の形態では、n電極形成面側から見たn電極11の形状を扇形とし、n電極形成面側から見たn電極11の第1の領域11aの最背面が、n電極形成面側から見てp型コンタクト層9と対向するよ

うに配置している。すなわち、n電極形成面側から見て、扇形であるn電極11の円弧部位に第1の領域11aの最背面が位置するように構成し、n電極形成面側から見て円弧部位がp型コンタクト層9に隣接するように配置されている。さらに、n電極形成面側から見た第1の領域11aの最背面は、n電極形成面側から見て、p型コンタクト層9の周縁部と略一定の距離をおいて配置されており、さらに、n電極形成面側から見た第1の領域11aの最背面は略一定の幅になるように構成されている。換言すれば、n型コンタクト層4と第1の領域11aとの接触面が略一定の幅になるように構成されている。また、本実施の形態においては、第1の領域11aの半導体積層方向すなわちn型コンタクト層4上だけでなく第1の領域11a上にも第2の領域が配置された構成としている。

【0032】このように構成することにより、本実施例のLEDはより効率よく発光することができる。その理由は定かではないが本発明者は次のように考えている。すなわち、一般にLEDは電流を供給される際にpパッド部（詳細には、pパッド部のワイヤーが接続される部位）からnパッド部（詳細には、nパッド部のワイヤーが接続される部位）に種々の経路を通して電流が流れる。しかしながら、たとえば図7に示すnコンタクト層64とn電極71の接触面全域においてオーミック接触しているLEDは、実際に電流を流すと、図における直線A-A部上の矢印で表すように、直線A-A部周辺に集中的に電流が流れる。このため、直線A-A部から離れた部位、たとえば直線B-B部乃至C-C部上の矢印で表すように、直線B-B部乃至C-C部周辺の発光が少なくなってしまう。これは、n電極形成面側から見て、pパッド部72のワイヤーが接続される部位とn電極71の所望の部位を結んだ直線（たとえば直線A-A部、直線B-B部、直線C-C部）において、その直線が通過するn型コンタクト層64とn電極71の接触領域が各々の直線によって異なることが原因のひとつであると考えられる。具体的には、図7に示す形状のn電極71の場合は、直線B-B部または直線C-C部よりも直線A-A部の方が、直線が通過するn型コンタクト層64とn電極71の接触領域が大きいのでより集中的に電流が流れると考えられる。

【0033】それに対して図1に示す本発明のLEDは、n電極形成面側から見たn電極11の形状を扇形とし、n電極形成面側から見てp型コンタクト層9と対向する部位にn電極11の第1の領域11aを配置している。すなわち、図において扇形であるn電極11の円弧部位が第1の領域11aとなるように構成し、n電極形成面側から見て円弧部位がp型コンタクト層9に隣接するように配置されている。さらに、n電極形成面側から見た第1の領域11aの最背面は、n電極形成面側から見て、p型コンタクト層9の周縁部と略一定の距離をお

いて配置されており、さらに、n電極形成面側から見た第1の領域11aの最背面は略一定の幅になるように構成されている。換言すれば、n型コンタクト層4と第1の領域11aとの接触面が略一定の幅になるように構成されている。これにより、pパッド部12のワイヤーが接続される部位と第1の領域11aの異なる複数の部位を結んだ各々の直線において、各直線が通過するn型コンタクト層4と第1の領域11aの接触領域の大きさをより均等にすることができる。すなわち、第1の領域11aのあらゆる部位において、pパッド部から供給される電流量をより一定とすることができるので、発光の分布が均一化され、優れた発光効率が得られると本発明者は考えている。

【0034】さらに、第1の領域11aと第2の領域11bの反射率を次のようにして求める。まず、得られたLEDのn電極形成面と反対側の面すなわち基板側から、第1の領域11aまたは第2の領域11bのそれぞれに、得られたLEDの発光波長範囲を持つ所定の光を垂直に照射し、各領域における反射率（反射波の強度と入射波の強度との比）を算出する。これにより、第1の領域11aおよび第2の領域11bそれぞれにおいて、前記所定の光の発光波長範囲における反射率を得ることができる。このようにして得られた波長毎の反射率に、得られたLEDの発光波長のうちピークとなる465nmの波長を対応させて、第1の領域および第2の領域の反射率を求めたところ、第1の領域の反射率は70%、第2の領域の反射率は85%であった。このようにn電極11を特定の構成とすることにより、比較的簡単な構成であるにも係わらず発光効率を大幅に向上させることができる。

【0035】一方、図1、2に示すLEDは、n電極形成面側から見てp電極およびn電極が対角に位置する構成としたが本発明はこれに限定されず、たとえば図3、4に示すような構成とすることもできる。ここでは、図に示すように同一面側にp電極およびn電極を配置したLEDについて説明する。図3は、本実施の形態のLEDをn電極形成面側から見た概略図である。また、図4は、本実施の形態のLEDの層構成を示す模式的断面図であり、図3のA-A部における断面を表す。なお、ここでは半導体層構造は先に記載したLEDと同様のものとする。

【0036】すなわち、本実施の形態のLEDは、n電極形成面側から見て、円形のn電極31の周囲全域にp型コンタクト層29が位置した構成となる。n電極31は、詳細には、ドーナツ状の第1の領域31aがn型コンタクト層24と接するように構成され、その内部および上部（半導体積層方向）に第2の領域31bが配置された構成となる。なお、n電極31を構成する第1の領域31aおよび第2の領域31bはそれぞれ、先に記載したLEDと同様に、Rh/Alの二層膜およびAl

の単層膜により構成しているの、第1の領域31aと第2の領域31bそれぞれにおける反射率は先に記載したLEDと同じである。

【0037】このように、n電極形成面側から見て、円形のn電極31の周囲全域にp型コンタクト層29が位置した構成となる場合は、n電極形成面側から見たn電極31の最背面における全周縁部に第1の領域31aが配置されることが好ましい。このように構成することにより、より効率のよい均一な発光を得ることができる。

【0038】次に、図5、6に示す同一面側にp電極およびn電極を備え、n電極形成面側から見て、n電極が所定の方向に突起しているLEDについて説明する。図5は、本実施の形態のLEDをn電極形成面側から見た概略図である。また、図6は、本実施の形態のLEDの層構成を示す模式的断面図であり、図5のA-A部における断面を表す。なお、ここでは半導体層構造は先に記載したLEDと同様のものとする。

【0039】本実施の形態のLEDは、図5に示すように、n電極形成面側から見て、所定の方向に突起したn電極51の周囲全域にp型コンタクト層49が位置した構成となる。n電極51は、詳細には、n電極形成面側から見て、所定の方向に突起したn電極51の最背面における全周縁部が第1の領域51aとなる共に、その内部および上部（半導体積層方向）に第2の領域51bが配置された構成となる。なお、n電極51を構成する第1の領域51aおよび第2の領域51bはそれぞれ、先に記載したLEDと同様に、Rh/Alの二層膜およびAlの単層膜により構成しているの、第1の領域51aと第2の領域51bそれぞれにおける反射率は先に記載したLEDと同じである。

【0040】なおここでは、n電極形成面側から見て、n電極の所定の一部に該n電極から外部に電流を取り出すワイヤーを接続するためのnパッド部53を備える構成とする。これにより、半導体積層方向断面において、nパッド部53形成部位に比較してnパッド部53形成部位以外のn電極51部位の高さを低くすることができるので、端面から出射される光を遮ることなく外部に取り出すことができる。

【0041】一方、本実施の形態のように、p型コンタクト層49の内側に所定の方向に突起したn電極51を配置することにより、比較的容易に大電流、具体的には20mA以上の電流を供給することができる。ここで、一般に、大電流を効率よく供給するにはn電極51の断面積がある程度必要となる。しかしながら、n電極51の断面積を確保するために積層方向にn電極51を厚くすると、部分的に設けられたパッド部を除く領域の半導体積層方向断面において、n電極の最上面51hが活性層の最下面47hよりも高い位置に配置されてしまう。このように構成すると、LED端部から出射される光の一部が第1の領域51aおよび第2の領域51bから構

成されるn電極51に吸収されてしまい、効率よく光を取り出すことができない。そこで、n電極51の断面積を保持しつつ、n電極の高さ51hを活性層の最下面47hよりも低くすると、当然、n電極51とn型コンタクト層44との接触面積が大きくなる。しかしながら、n電極51とn型コンタクト層44との接触面積全域をオーミック電極とする必要はなく、接触面積の一部を部分的にオーミック電極とすることで十分なオーミック特性を得ることができる。

【0042】このような理由から、本実施の形態では、n電極形成面側から見て、所定の方向に突起したn電極51の周縁部全域に第1の領域51aが配置されると共に、第1の領域51aの内部および上部に第2の51bが配置された構成において、n電極上に部分的に設けられたパッド部を除く領域、たとえばA-A部の半導体積層方向断面において、第1の領域51aおよび第2の領域51bから構成されるn電極51の最上面51hを活性層47の最下面47hよりも低い位置に配置することにより、LED端面から出射された光がn電極51に吸収されるを大幅に軽減することができる。

#### 【0043】

【発明の効果】以上説明した通り、本発明に係わる窒化物半導体発光素子によれば、n電極における光の吸収を最小限に抑えることができる。これにより、光の取り出し効率を大幅に向上させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係わる1LEDをn電極形成面側から見た平面図である。

【図2】 図1のA-A部における断面図である。

【図3】 本発明に係わる1LEDをn電極形成面側から見た平面図である。

【図4】 図3のA-A部における断面図である。

【図5】 本発明に係わる1LEDをn電極形成面側から見た平面図である。

【図6】 図5のA-A部における断面図である。

【図7】 本発明に係わるLEDと比較するためのLEDをn電極形成面側から見た平面図である。

【図8】 図7のA-A部における断面図である。

#### 【符号の説明】

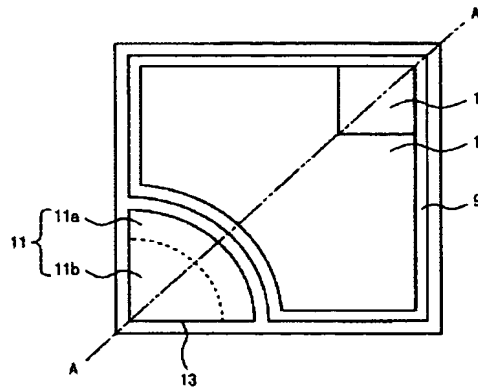
- 1、21、41、61・・・基板
- 2、22、42、62・・・バッファ層
- 3、23、43、63・・・アンドロブGaN層
- 4、24、44、64・・・n型コンタクト層
- 5、25、45、65・・・n型第1多層膜層
- 6、26、46、66・・・n型第2多層膜層
- 7、27、47、67・・・活性層
- 8、28、48、68・・・p型多層膜層
- 9、29、49、69・・・p型コンタクト層
- 10、30、50、70・・・p電極
- 11、31、51、71・・・n電極



13

11a、31a、51a・・・第1の領域  
 11b、31b、51b・・・第2の領域  
 12、32、52、72・・・pパッド部

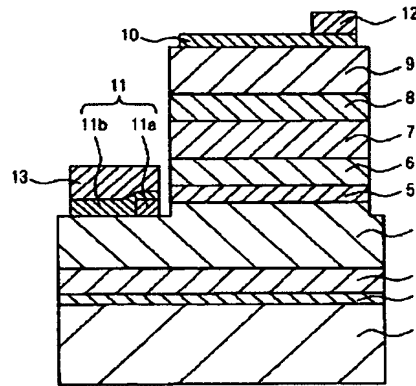
【図1】



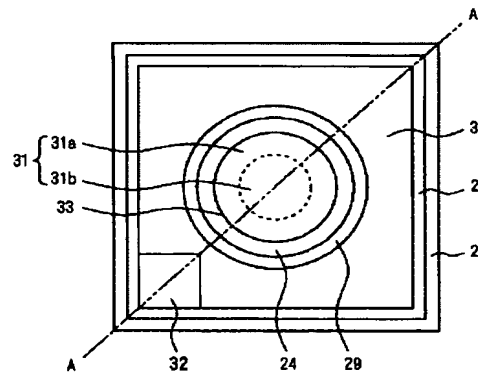
14

13、33、53、73・・・nパッド部  
 47h・・・活性層の最下面  
 51h・・・n電極の最上面

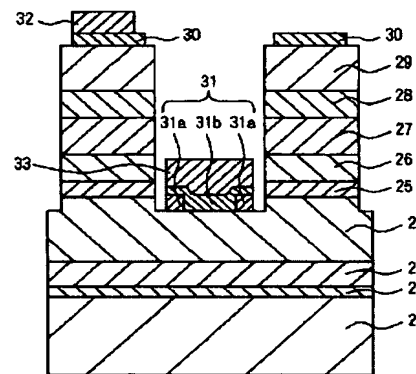
【図2】



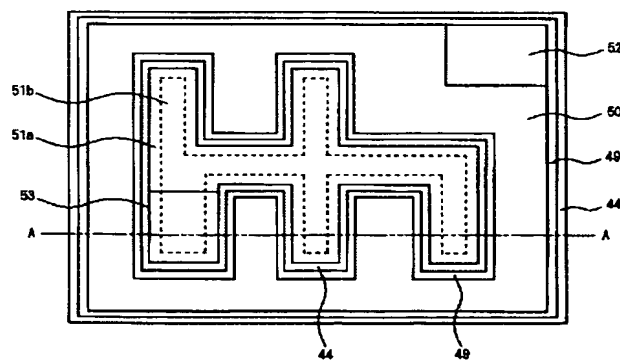
【図3】



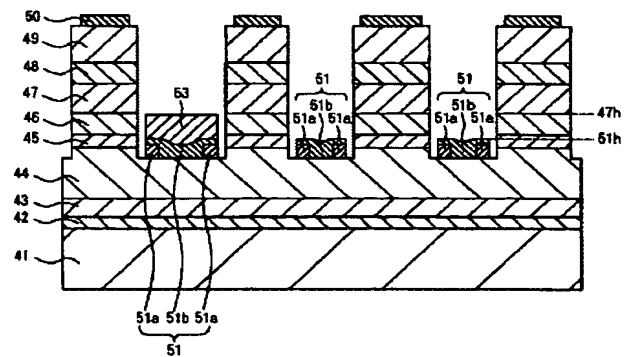
【図4】



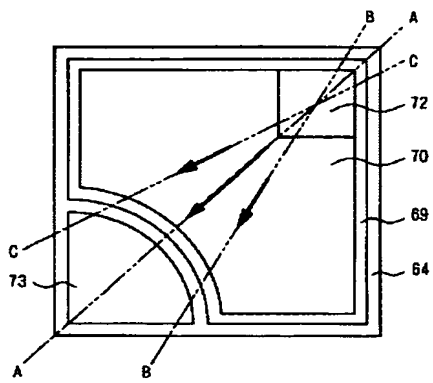
【図5】



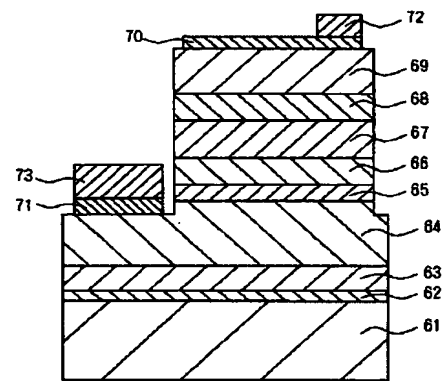
【図6】



【図 7】



【図 8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**